

PAT-NO: JP02004127352A
DOCUMENT-IDENTIFIER: JP 2004127352 A
TITLE: HOLOGRAM RECORDING METHOD
PUBN-DATE: April 22, 2004

INVENTOR-INFORMATION:

NAME	COUNTRY
YAMATSU, HISAYUKI	N/A
HORIGOME, TOSHIHIRO	N/A
ARNEST, CHUAN	N/A

ASSIGNEE-INFORMATION:

NAME	COUNTRY
SONY CORP	N/A

APPL-NO: JP2002286377

APPL-DATE: September 30, 2002

INT-CL (IPC): G11C013/04, G03H001/04 , G03H001/10

ABSTRACT:

PROBLEM TO BE SOLVED: To record a hologram with uniform intensity over the whole recording area of a holographic recording medium in the case of recording a hologram on a plate-form holographic recording medium by generating a conical reference optical beam by using a conical optical member, and irradiating the recording medium with the conical reference optical beam and a recording optical beam.

SOLUTION: The effect that the power density of the reference light has a radial directional position dependence on a holographic disk 12 is compensated by using a light beam partial light shielding means 40. Or, the power density

of the reference light on the holographic disk 12 is prevented from having the radial directional position dependence by determining appropriately the relative arrangement position between the holographic disk 12 and a conical optical member such as a conical convex mirror 56 or a conical prism 62.

COPYRIGHT: (C) 2004, JPO

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2004-127352

(P2004-127352A)

(43) 公開日 平成16年4月22日(2004.4.22)

(51) Int.Cl.⁷

G11C 13/04

G03H 1/04

G03H 1/10

F1

G11C 13/04

G03H 1/04

G03H 1/10

テーマコード(参考)

2K008

審査請求 未請求 請求項の数 9 OL (全 20 頁)

(21) 出願番号 特願2002-286377 (P2002-286377)
(22) 出願日 平成14年9月30日(2002.9.30)(71) 出願人 000002185
ソニー株式会社
東京都品川区北品川6丁目7番35号
(74) 代理人 100089875
弁理士 野田 茂
(72) 発明者 山澤 久行
東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソ
ニー株式会社内
(72) 発明者 堀電 俊宏
東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソ
ニー株式会社内
(72) 発明者 アーネスト・チュアン
東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソ
ニー株式会社内
Fターム(参考) 2K008 AA04 AA08 BB04 FF17 HH18
HH20 HH25 HH26

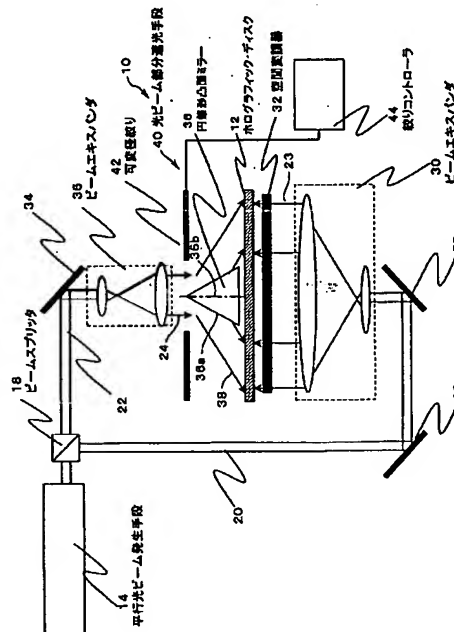
(54) 【発明の名称】 ホログラム記録方法

(57) 【要約】

【課題】円錐形光学部材を用いて円錐形参照光ビームを発生させ、この円錐形参照光ビームと記録光ビームとを照射することで、平板状のホログラフィック記録媒体にホログラム記録を行う際に、ホログラフィック記録媒体の記録領域の全面に亘って均一な強度でホログラム記録ができるようにする。

【解決手段】ホログラフィック・ディスク12上における参照光のパワー密度が径方向位置依存性を有することの影響を、光ビーム部分遮光手段40を使用して補償するようにし、ないしは、ホログラフィック・ディスク12と、円錐形凸面ミラー56や円錐形プリズム62などの円錐形光学部材との間の、相対的な配設位置を適切に定めることにより、ホログラフィック・ディスク12上における参照光のパワー密度が径方向位置依存性を持たないようにする。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

ホログラム記録方法において、

平板状のホログラフィック記録媒体と、円錐形反射面を有する反射型光学部材または円錐形屈折面を有する屈折型光学部材から成る円錐形光学部材とを、該円錐形光学部材の円錐軸が該ホログラフィック記録媒体に対して垂直になるように配置し、

ビーム断面におけるパワー密度分布が略々様な平行光ビームを、該平行光ビームの光軸と前記円錐形光学部材の円錐軸とを実質的に揃えて前記円錐形光学部材に入射させることにより、前記ホログラフィック記録媒体に対して垂直な光軸を有する円錐形参照光ビームを発生させ、

10

空間変調した記録光ビームを発生させ、

前記平行光ビームの光路中に、制御可能な光ビーム部分遮光手段を配置し、該光ビーム部分遮光手段は、該光ビーム部分遮光手段を通過する光ビームの断面の所望の領域を遮光する手段であって、その遮光領域を制御可能に構成した手段であり、

前記ホログラフィック記録媒体に、前記円錐形参照光ビーム及び前記記録光ビームを照射することで、ホログラム記録を実行し、

ホログラム記録の開始と同時に、前記光ビーム部分遮光手段による遮光領域を時間的に変化させるように制御して、前記ホログラフィック記録媒体に照射される参照光のパワー密度が低い領域ほど、その参照光による露光時間が長時間となるようにすることで、前記ホログラフィック記録媒体の略々全面に亘って略々均一なホログラム回折強度が得られるようにする、

20

ことを特徴とするホログラム記録方法。

【請求項 2】

前記円錐形光学部材が、該円錐形光学部材の円錐形反射面または円錐形屈折面に入射する平行光ビームを構成する光線群のうち、該円錐形光学部材の円錐軸に近い光線ほど、前記ホログラフィック記録媒体上において該円錐形光学部材の円錐軸から遠い位置に反射または屈折されるように、構成されており、

前記光ビーム部分遮光手段が、該光ビーム部分遮光手段を通過する光ビームの径を制御可能な手段として構成されており、

ホログラム記録の開始と同時に、前記光ビーム部分遮光手段により前記平行光ビームの径を漸次減少させることによって、前記ホログラフィック記録媒体上において前記円錐形光学部材の円錐軸から遠い位置ほど、前記ホログラフィック記録媒体に照射される参照光による露光時間が長時間となるようにすることを特徴とする請求項 1 記載のホログラム記録方法。

30

【請求項 3】

前記円錐形光学部材が、(イ) 該円錐形光学部材の円錐形反射面または円錐形屈折面に入射する平行光ビームを構成する光線群のうち、該円錐形光学部材の円錐軸に近い光線ほど、前記ホログラフィック記録媒体上において該円錐形光学部材の円錐軸から近い位置に反射または屈折され、且つ、(ロ) 前記ホログラフィック記録媒体上において該円錐形光学部材の円錐軸から近い位置ほど、前記ホログラフィック記録媒体に照射する参照光のパワー密度が低下するように、構成されており、

40

前記光ビーム部分遮光手段が、該光ビーム部分遮光手段を通過する光ビームの径を制御可能な手段として構成されており、

ホログラム記録の開始と同時に、前記光ビーム部分遮光手段により前記平行光ビームの径を漸次減少させることによって、前記ホログラフィック記録媒体上において前記円錐形光学部材の円錐軸から近い位置ほど、前記ホログラフィック記録媒体に照射される参照光による露光時間が長時間となるようにすることを特徴とする請求項 1 記載のホログラム記録方法。

【請求項 4】

前記円錐形光学部材が、(イ) 該円錐形光学部材の円錐形反射面または円錐形屈折面に入

50

射する平行光ビームを構成する光線群のうち、該円錐形光学部材の円錐軸に近い光線ほど、前記ホログラフィック記録媒体上において該円錐形光学部材の円錐軸から近い位置に反射または屈折され、且つ、(ロ)前記ホログラフィック記録媒体上において該円錐形光学部材の円錐軸から遠い位置ほど、前記ホログラフィック記録媒体を照射する参照光のパワー密度が低下するように、構成されており、

前記光ビーム部分遮光手段が、該光ビーム部分遮光手段を通過する光ビームの中心部の円形領域を遮光領域とし、且つ、その遮光領域の径を制御可能な手段として構成されており、

ホログラム記録の開始と同時に、前記光ビーム部分遮光手段により前記平行光ビームの中心部の前記遮光領域の径を漸次増大させることによって、前記ホログラフィック記録媒体上において前記円錐形光学部材の円錐軸から遠い位置ほど、前記ホログラフィック記録媒体に照射される参照光による露光時間が長時間となるようにすることを特徴とする請求項1記載のホログラム記録方法。

【請求項5】

平板状の前記ホログラフィック記録媒体がディスク状に形成されており、

前記ホログラフィック記録媒体と前記円錐形光学部材とを、該円錐形光学部材の円錐軸と該ホログラフィック記録媒体のディスク中心軸とが実質的に一致するように配置し、

前記ホログラフィック記録媒体の記録領域を半径方向にN等分して得られるN個の異なる半径を持つリング状領域において夫々に最適な参照光による露光時間を算出し、夫々のリング状領域における参照光による露光時間が夫々の前記算出値と等しくなるように前記光ビーム部分遮光手段を時間的に制御することを特徴とする請求項2、3、又は4記載のホログラム記録方法。

【請求項6】

前記光ビーム部分遮光手段として、絞り羽式の可変径絞りを使用することを特徴とする請求項2又は3記載のホログラム記録方法。

【請求項7】

前記光ビーム部分遮光手段として、液晶を用いた空間変調器を使用することを特徴とする請求項2、3、又は4記載のホログラム記録方法。

【請求項8】

ホログラム記録方法において、

頂角が $\pi/2$ ラジアンより大きい凸円錐形反射面を有する反射型光学部材から成る円錐形光学部材を用意し、

平板状のホログラフィック記録媒体を用意し、

前記円錐形光学部材と前記ホログラフィック記録媒体とを、(イ)該円錐形光学部材の円錐軸が該ホログラフィック記録媒体に対して垂直になり、(ロ)該円錐形光学部材の前記凸円錐形反射面の頂点と該ホログラフィック記録媒体との距離が0となるように配置し、ビーム断面におけるパワー密度分布が略々一様な平行光ビームを、該平行光ビームの光軸と前記円錐形光学部材の円錐軸とを実質的に揃えて前記円錐形光学部材に入射させることにより、前記ホログラフィック記録媒体に対して垂直な光軸を有する円錐形参照光ビームを発生させ、

空間変調した記録光ビームを発生させ、

前記ホログラフィック記録媒体に、前記円錐形参照光ビーム及び前記記録光ビームを照射することで、ホログラム記録を実行する、

ことを特徴とするホログラム記録方法。

【請求項9】

ホログラム記録方法において、

屈折率がnの材料で形成され、頂角が $\pi - 2 \cdot \sin^{-1}(1/n)$ ラジアンより大きい凸円錐形屈折面と、該凸円錐形屈折面の円錐軸に対して垂直な平坦な底面とを有する屈折型光学部材から成る、円錐形光学部材を用意し、

平板状のホログラフィック記録媒体を用意し、

前記円錐形光学部材と前記ホログラフィック記録媒体とを、(イ)該円錐形光学部材の円錐軸が該ホログラフィック記録媒体に対して垂直になり、(ロ)該円錐形光学部材の前記凸円錐形屈折面の頂点と該ホログラフィック記録媒体との距離が0となるように配置し、ビーム断面におけるパワー密度分布が略々一様な平行光ビームを、該平行光ビームの光軸と前記円錐形光学部材の円錐軸とを実質的に揃えて前記円錐形光学部材に入射させることにより、前記ホログラフィック記録媒体に対して垂直な光軸を有する円錐形参照光ビームを発生させ、

空間変調した記録光ビームを発生させ、

前記ホログラフィック記録媒体に、前記円錐形参照光ビーム及び前記記録光ビームを照射することで、ホログラム記録を実行する、

ことを特徴とするホログラム記録方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、ホログラム記録方法に関し、より詳しくは、例えばディスク状などの、平板状のホログラフィック記録媒体にホログラムを記録する方法に関する。

【0002】

【従来の技術】

ホログラフィック記録媒体にホログラムの形で情報を記録するホログラム記録においては、ホログラフィック記録媒体に参照光ビーム及び記録光ビームを照射し、それらビームの干渉によって発生する干渉縞を、そのホログラフィック記録媒体に記録するようにしている。

【0003】

使用するホログラフィック記録媒体が、ディスク状の媒体(ホログラフィック・ディスク)である場合などには、参照光ビームを円錐形ビームに整形することによって、様々な利点を得られる。例えば、そのように整形して得られた円錐形参照光ビームの光軸をホログラフィック・ディスクの中心軸に実質的に一致させて、その円錐形参照光ビームをホログラフィック・ディスク上に照射するようにすれば、一度の露光によって、ホログラフィック・ディスクの記録領域の全面に亘るホログラム記録が行え、しかも、その円錐形参照光ビームの円錐角を変化させることで、ホログラムの多重記録を行うことができるため、それによってホログラフィック記録媒体の記録容量を増大させることができる。

【0004】

参照光ビームを円錐形ビームに整形するには、円錐形光学部材を使用すればよく、使用可能な円錐形光学部材には、円錐形反射面を有する反射型光学部材や、円錐形屈折面を有する屈折型光学部材がある。かかる円錐形光学部材と、平板状のホログラフィック記録媒体とを、円錐形光学部材の円錐軸がホログラフィック記録媒体に対して垂直になるように配置する。そして、平行光ビームを、その平行光ビームの光軸と円錐形光学部材の円錐軸とを実質的に一致させて円錐形光学部材に入射させると、その平行光ビームが、円錐形反射面または円錐形屈折面によって反射または屈折されることによって、ホログラフィック記録媒体に対して垂直な光軸を有する円錐形参照光ビームを発生させることができる。

【0005】

こうして発生させた円錐形参照光ビームは、ビーム軸心を通りビーム軸心に対して実質的に同一の傾斜角を成す直線に沿って進行する光線から成る実質的に円筒対称性を有する参照光ビームとなる。上述のように、使用するホログラフィック記録媒体が、ディスク状の媒体(ホログラフィック・ディスク)である場合には、この円錐形参照光ビームの光軸とホログラフィック・ディスクの中心軸とを実質的に一致させて、この円錐形参照光ビームをホログラフィック・ディスクに照射すれば、それによって、ホログラフィック・ディスクの記録領域の全域において、参照光ビームの光線を同一の入射角(径方向にのみ傾斜した入射角)で入射させることができる。このことを利用して、例えば、コンパクト・ディスクのビット列の画像をホログラムの形でホログラフィック・ディスクに記録しておけば

10

20

30

40

50

、そのホログラフを再生させつつ、ホログラフィック・ディスクを回転させることによって、コンパクト・ディスクと同様の方式で情報を読出すことが可能になるなど、幾多の優れた利点を得られる。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、以上のようにして発生させた円錐形参照光ビームは、ホログラフィック・ディスク上における参照光のパワー密度が一定でなく、ホログラフィック・ディスクの径方向位置によって、参照光のパワー密度が異なるという問題があった。例えば、図14には、円錐形光学部材102として、凸円錐形反射面を有する反射型光学部材（円錐形凸面ミラー）を使用する場合を示した。円錐形光学部材102とホログラフィック・ディスク104とは、この円錐形光学部材102の円錐軸がホログラフィック・ディスク104に対して垂直になるように配置されている。平行光ビーム106を、この平行光ビームの光軸と円錐形光学部材102の円錐軸とが実質的に一致するようにして円錐形光学部材102に入射させると、平行光ビーム106が凸円錐形反射面によって反射されることにより、ホログラフィック・ディスク104に対して垂直な光軸を有する円錐形参照光ビーム108が発生する。

10

【0007】

ただし、図14から明らかなように、平行光ビーム106を形成している光線のうち、円錐形光学部材102の円錐軸に近い位置へ入射する光線ほど、ホログラフィック・ディスク104の中心軸から遠い領域へ反射されることから、光線束の拡がり方が大きくなる。そのため、円錐形光学部材102の円錐軸に近い領域に入射する光線は、円錐軸から遠い領域に入射する光線と比べて、ホログラフィック・ディスク104上における参照光のパワー密度がより大幅に低下する。従って、平行光ビーム106の、ビーム断面におけるパワー密度が略々一定であるとき、ホログラフィック・ディスク104上における参照光のパワー密度分布は、ホログラフィック・ディスク104の中心部から周辺部へ向かって、パワー密度が次第に低下して行くような、径方向位置依存性を有するものとなる。そして、参照光のパワー密度が低いディスク周辺部においては、記録されるホログラム強度が低下してしまう。

20

【0008】

また、使用する円錐形光学部材が、反射型光学部材であるか、それとも屈折型光学部材であるかによって、ないしは、その円錐形光学部材の形状や、ホログラフィック・ディスクに対する相対的な配設位置によって、以上とは逆に、ホログラフィック・ディスクの中心部へ近づくほど参照光のパワー密度が低下するようなパワー密度分布となることもある。この場合には、参照光のパワー密度が低いディスク中心部において、記録されるホログラム強度が低下してしまう。

30

【0009】

本発明はかかる事情に鑑み成されたものであり、本発明の目的は、円錐形反射面を有する反射型光学部材または円錐形屈折面を有する屈折型光学部材から成る円錐形光学部材を用いて円錐形参照光ビームを発生させ、この円錐形参照光ビームと記録光ビームとを照射することで、平板状のホログラフィック記録媒体にホログラム記録を行う際に、ホログラフィック記録媒体上における参照光のパワー密度が径方向位置依存性を有するということに起因して発生する問題を解決することにある。

40

【0010】

【課題を解決するための手段】

上述の目的を達成するため、本発明にかかるホログラム記録方法は、平板状のホログラフィック記録媒体と、円錐形反射面を有する反射型光学部材または円錐形屈折面を有する屈折型光学部材から成る円錐形光学部材とを、該円錐形光学部材の円錐軸が該ホログラフィック記録媒体に対して垂直になるように配置し、ビーム断面におけるパワー密度分布が略々一様な平行光ビームを、該平行光ビームの光軸と前記円錐形光学部材の円錐軸とを実質的に揃えて前記円錐形光学部材に入射させることにより、前記ホログラフィック記録媒体

50

に対して垂直な光軸を有する円錐形参照光ビームを発生させ、空間変調した記録光ビームを発生させ、前記平行光ビームの光路中に、制御可能な光ビーム部分遮光手段を配置し、該光ビーム部分遮光手段は、該光ビーム部分遮光手段を通過する光ビームの断面の所望の領域を遮光する手段であって、その遮光領域を制御可能に構成した手段であり、前記ホログラフィック記録媒体に、前記円錐形参照光ビーム及び前記記録光ビームを照射することで、ホログラム記録を実行し、ホログラム記録の開始と同時に、前記光ビーム部分遮光手段による遮光領域を時間的に変化させるように制御して、前記ホログラフィック記録媒体に照射される参照光のパワー密度が低い領域ほど、その参照光による露光時間が長時間となるようにすることで、前記ホログラフィック記録媒体の略々全面に亘って略々均一なホログラム回折強度が得られるようにすることを特徴とする。

10

【0011】

また、本発明にかかるホログラム記録方法は、頂角が $\pi/2$ ラジアンより大きい凸円錐形反射面を有する反射型光学部材から成る円錐形光学部材を用意し、平板状のホログラフィック記録媒体を用意し、前記円錐形光学部材と前記ホログラフィック記録媒体とを、(イ)該円錐形光学部材の円錐軸が該ホログラフィック記録媒体に対して垂直になり、(ロ)該円錐形光学部材の前記凸円錐形反射面の頂点と該ホログラフィック記録媒体との距離が0となるように配置し、ビーム断面におけるパワー密度分布が略々一様な平行光ビームを、該平行光ビームの光軸と前記円錐形光学部材の円錐軸とを実質的に揃えて前記円錐形光学部材に入射させることにより、前記ホログラフィック記録媒体に対して垂直な光軸を有する円錐形参照光ビームを発生させ、空間変調した記録光ビームを発生させ、前記ホログラフィック記録媒体に、前記円錐形参照光ビーム及び前記記録光ビームを照射することで、ホログラム記録を実行することを特徴とする。

20

【0012】

また、本発明にかかるホログラム記録方法は、屈折率が n の材料で形成され、頂角が $\pi - 2 \cdot \sin^{-1}(1/n)$ ラジアンより大きい凸円錐形屈折面と、該凸円錐形屈折面の円錐軸に対して垂直な平坦な底面とを有する屈折型光学部材から成る、円錐形光学部材を用意し、平板状のホログラフィック記録媒体を用意し、前記円錐形光学部材と前記ホログラフィック記録媒体とを、(イ)該円錐形光学部材の円錐軸が該ホログラフィック記録媒体に対して垂直になり、(ロ)該円錐形光学部材の前記凸円錐形屈折面の頂点と該ホログラフィック記録媒体との距離が0となるように配置し、ビーム断面におけるパワー密度分布が略々一様な平行光ビームを、該平行光ビームの光軸と前記円錐形光学部材の円錐軸とを実質的に揃えて前記円錐形光学部材に入射させることにより、前記ホログラフィック記録媒体に対して垂直な光軸を有する円錐形参照光ビームを発生させ、空間変調した記録光ビームを発生させ、前記ホログラフィック記録媒体に、前記円錐形参照光ビーム及び前記記録光ビームを照射することで、ホログラム記録を実行することを特徴とする。

30

【0013】

本発明にかかるホログラム記録方法によれば、円錐形反射面を有する反射型光学部材または円錐形屈折面を有する屈折型光学部材から成る円錐形光学部材を用いて円錐形参照光ビームを発生させ、この円錐形参照光ビームと記録光ビームとを照射することで、平板状のホログラフィック記録媒体にホログラム記録を行う際に、ホログラフィック記録媒体上における参照光のパワー密度が径方向位置依存性を有することの影響を補償することができ、ないしは、ホログラフィック記録媒体上における参照光のパワー密度が径方向位置依存性を持たないようにすることができるため、ホログラフィック記録媒体の記録領域の全面に亘って均一な強度でホログラム記録を行うことができる。そのため、ホログラムの再生強度を均一化することができ、低ノイズ化が可能となり、更には、高密度のホログラム記録が可能となる。

40

【0014】

【発明の実施の形態】

以下に本発明の実施の形態について、図面を参照しつつ説明する。

図1は本発明にかかるホログラム記録方法を適用することのできる、円錐形光学部材を使

50

用して円錐形参照光ビームを発生させるようにしたホログラフィック・ディスク・レコーディング・システムの具体例の模式図、図2は図1のシステムに使用している光ビーム部分遮光手段とは別の光ビーム部分遮光手段の具体例を示した図、図3は図1のシステムに使用しているホログラフィック・ディスクと円錐形凸面ミラーとを示した図、図4のA及びBは図1のシステムにおける可変径絞りの制御状態を示した図、図5のA、B、及びCは円錐形光学部材を使用して円錐形参照光ビームを発生させるその他の構成を示した図、図6は円錐形光学部材を使用して円錐形参照光ビームを発生させる更に別の構成を示した図、図7は図6の構成によって発生する円錐形参照光ビームを説明するための図、図8のA及びBは円錐形光学部材を使用して円錐形参照光ビームを発生させる更に別の構成を示した図、図9のA及びBは円錐形光学部材を使用して円錐形参照光ビームを発生させる更に別の構成を示した図、図10は図9の構成によって発生する円錐形参照光ビームを説明するための図、図11は図2の光ビーム部分遮光手段を使用して図10の円錐形参照光ビームを制御する際の制御状態を示した図、図12は円錐形光学部材を使用して円錐形参照光ビームを発生させる更に別の構成を示した図、図13は円錐形光学部材を使用して円錐形参照光ビームを発生させる更に別の構成を示した図である。

10

【0015】

図1に模式図で示したホログラフィック・ディスク・レコーディング・システム10は、ホログラフィック・ディスク12上にホログラムの形で情報を記録するためのシステムであり、また特に、本発明にかかるホログラム記録方法を適用することのできる、円錐形光学部材を使用して円錐形参照光ビームを発生させるようにしたホログラフィック・ディスク・レコーディング・システムの具体例である。ホログラフィック・ディスク12は、ディスク状のホログラフィック記録媒体であり、従って、平板状のホログラフィック記録媒体である。ホログラフィック・ディスク・レコーディング・システム10は、平行光束化したコヒーレント光から成るビームを発生する平行光ビーム発生手段14を備えており、この平行光ビーム発生手段14は、例えばレーザ装置などのコヒーレント光源とコリメータレンズとで構成することができる。

20

【0016】

平行光ビーム発生手段14から出射した平行光ビームは、ビーム・スプリッタ18によって、2本の平行光ビーム20、22に分割され、一方の平行光ビーム（第1平行光ビーム）20は記録光ビームに利用され、他方の平行光ビーム（第2平行光ビーム）22は参照光ビームに利用される。

30

【0017】

ビームスプリッタ18から出射した第1平行光ビーム20は、第1ミラー26及び第2ミラー28で反射されて、記録光ビーム径拡大用のビーム・エキスパンダ30へ入射し、このビーム・エキスパンダ30によって、ホログラフィック・ディスク12の記録領域の全体をカバーするに十分なビーム径に拡大された後、空間変調器32に入射し、そこで振幅変調もしくは位相変調されて記録光ビーム23となる。

【0018】

空間変調器32としては、様々なタイプのものが使用可能であり、例えば液晶を用いて画素ごとに透過、不透過のどちらかの状態を選択し、記録光を0と1より成るデジタル信号で空間的に変調するものを使用してもよい。また、透明基板上にメタルをパターンニングして振幅マスクとし、これを空間変調器32として使用してもよい。更に、変調パターンを透明基板上にエンボス成形して位相マスクを作成し、これを空間変調器32として使用してもよい。更にその他のタイプの空間変調器を使用することも可能である。適当な方法で変調された記録光ビーム23は、図1においてホログラフィック・ディスク12の下方から、このホログラフィック・ディスク12上に照射される。

40

【0019】

一方、ビームスプリッタ18から出射した第2平行光ビーム22は、第3ミラー34によって反射されて、参照光ビーム径拡大用のビーム・エキスパンダ35へ入射し、このビームエキスパンダ35によってビーム径が拡大された後に、円錐形凸面ミラー36へ入射す

50

る。図1には、こうしてビーム径が拡大された平行光ビームを、平行光ビーム24として示した。円錐形凸面ミラー36は、凸円錐形反射面36aを有する反射型光学部材から成る円錐形光学部材である。本発明を実施する上で使用可能な円錐形光学部材には、図1に示した円錐形凸面ミラー36以外にも、様々なものがあり、例えば、凹円錐形反射面を有する反射型光学部材や、凸円錐形屈折面または凹円錐形屈折面を有する屈折型光学部材なども使用することができる。そのような円錐型光学部材の具体例の幾つかを、後に図示して説明する。

【0020】

図1に示すように、ホログラフィック・ディスク12と円錐形凸面ミラー36とは、円錐形凸面ミラー36の円錐軸36bをホログラフィック・ディスク12の中心軸に実質的に一致させて（従って、円錐軸36bがホログラフィック・ディスク12に対して垂直になるようにして）配置されている。

【0021】

ビーム・エクスパンダ34から出射する平行光ビーム24を、この平行光ビーム24の光軸と円錐形凸面ミラー36の円錐軸38bとを実質的に揃えて、円錐形凸面ミラー36の凸円錐形反射面36aに入射させることによって、ホログラフィック・ディスク12に対して垂直な光軸を有する円錐形参照光ビーム38を発生させている。即ち、平行光ビーム24を、円錐形凸面ミラー36へ、その円錐軸36bに平行に入射させると、その凸円錐形反射面36aで反射されて、この円錐形凸面ミラー36の径方向の全ての方向へその円錐軸36bに対して実質的に同一の傾斜角を成す直線に沿って進行する光線から成る、実質的に円筒対称性を有する出射光ビームが得られ、これが円錐形参照光ビーム38である。

【0022】

円錐形凸面ミラー36は、その頂角を $\pi/2$ ラジアンより小さくしてある。そのため、円錐形凸面ミラー36の凸円錐形反射面36aで反射された光線は、円錐形凸面ミラー36の斜め後方へ進行し、円錐形参照光ビーム38は、円錐形凸面ミラー36の背後に位置しているホログラフィック・ディスク12の記録領域を照射する。また、平行光ビーム24を形成している光線のうち、円錐形凸面ミラー36の円錐軸36bに近い位置へ入射した光線ほど、この円錐形凸面ミラー36で反射された後には、ホログラフィック・ディスク12上の中心軸から遠い位置を照射する。

【0023】

既述のごとく、円錐形参照光ビーム38は、ビーム軸心を通りビーム軸心に対して実質的に同一の傾斜角を成す直線に沿って進行する光線から成る実質的に円筒対称性を有するビームであるため、この円錐形参照光ビーム38を形成している個々の光線は、ホログラフィック・ディスク12へ同一の入射角（径方向に傾斜した入射角）で入射する。この入射角は、円錐形凸面ミラー36の頂角の大きさに従って決まる。それゆえ、頂角の大きさの異なる複数の円錐形凸面ミラーを用意しておき、空間変調器32の変調パターンを変更するたびに、それまで使用したものとは異なった頂角を有する円錐形凸面ミラー36に交換してホログラム記録を実行することによって、角度多重方式の多重ホログラム記録を行うことができる。読出時には、読出用の円錐形参照光ビームをホログラフィック・ディスク12に照射すれば、その読出用の円錐形参照光ビームと、光線の入射角が同一の円錐形参照光ビームを照射して記録したホログラムだけを再生することができる。

【0024】

ただし、以上の構成において、参照光ビーム径拡大用のビーム・エクスパンダ35から出射する平行光ビーム24は、そのビーム断面のどの位置においてもパワー密度が略々一定であるのに対して、ホログラフィック・ディスク12上における円錐形参照光ビーム38のパワー密度は一定にならず、密度勾配を有するものとなる。

【0025】

即ち、図1を見れば明らかなように、平行光ビーム24を形成している光線のうち、円錐形凸面ミラー36の円錐軸に近い領域に入射する光線ほど、ホログラフィック・ディスク

10

20

30

40

50

12の中心軸から遠い領域を照射することになるため、その光線束の拡がり方が大きくなる。この光線束の広がりによって参照光のパワー密度が低下するため、円錐形凸面ミラー36の円錐軸36bに近い領域に入射する光線は、円錐軸36bから遠い領域に入射する光線と比べて、ホログラフィック・ディスク12上における参照光のパワー密度の低下の度合いが大きい。一方、円錐形凸面ミラー36へ入射する平行光ビーム24は、そのビーム断面におけるパワー密度が略々一定であるため、ホログラフィック・ディスク12上における参照光のパワー密度分布は、このホログラフィック・ディスク12の中心部から周辺部へ向かって次第に低下して行くような径方向位置依存性を有するものとなる。

【0026】

このように、ホログラフィック・ディスク12上における参照光のパワー密度が一定でない場合には、そのことによる影響を補償する手段を講じないと、参照光のパワー密度が低いディスク周辺部において、記録されるホログラム強度が低下してしまうという問題が発生する。この補償のための手段として、図1のホログラフィック・ディスク・レコーディング10においては、参照光ビーム径拡大用のビーム・エクスパンダ35と円錐形凸面ミラー36との間の、平行光ビーム24の光路中に、制御可能な光ビーム部分遮光手段40が配置されている。光ビーム部分遮光手段40は、この光ビーム部分遮光手段40を通過する光ビームの断面の所望の領域を遮光する手段であって、その遮光領域を制御可能に構成した手段である。

【0027】

更に具体的に説明すると、図1に示した光ビーム部分遮光手段40は、モータで絞り羽を開閉する絞り羽式の可変径絞り42と、そのモータを制御することによってこの可変径絞り42を制御する、絞りコントローラ44とで構成されている。可変径絞り42を制御して絞り羽を閉じて行くことによって、平行光ビーム24を、そのビーム断面の外周側の領域から次第に遮光して行くことができる。

【0028】

また、これとは別の具体例として、光ビーム部分遮光手段40を、図2に示したように、液晶を用いた空間変調器46と、この空間変調器46を制御する空間変調器コントローラ48とで構成することも可能である。空間変調器46は、幅の狭い多数の同心的なリング形パターン46aを有する液晶パネルから成り、各々のリング型パターン46aは、空間変調器コントローラ48で制御することによって、透過状態と遮光状態とを取らせることができる。空間変調器コントローラ48の制御によって、外周側のリング形パターン46aから順に遮光状態とすることによって、図1の絞り羽式の可変径絞り42と同じ機能が得られる。

【0029】

絞りコントローラ44には、予めホログラム記録開始時から記録終了時までの各時刻における可変径絞り42の開口径情報がインプットされている。絞りコントローラ44は、この開口径情報に従って、可変径絞り42の開口径を時間的に制御する。

【0030】

ホログラフィック・ディスク12へのホログラム記録は、ボリュームホログラム記録によって行われる。ボリュームホログラム記録においては、記録されるホログラム強度（再生時の回折強度と同意） η は、次の式1で表される。

【数1】

$$\eta = I \{1 - \exp(-t/\tau_w)\}^2 \quad \cdots (式1)$$

この式1において、 I はホログラムの飽和強度、 t は記録時間、 τ_w は記録系に依存して決定される定数である。一般に、記録光及び参照光のパワー密度が低いほど、定数 τ_w の値が大きくなるため、同じレベルのホログラム強度を得るのにより長時間の露光が必要となる。

【0031】

10

20

30

40

50

そして、図 1 の構成では、既述のごとく、ホログラフィック・ディスク 12 上における参照光のパワー密度分布が、このホログラフィック・ディスク 12 の中心部から周辺部へ向かって次第に低下して行くような、径方向位置依存性を有するものとなっているため、このようなパワー密度分布の影響を補償するには、ホログラフィック・ディスク 12 の外周部ほど長時間の露光を行う必要がある。そのための制御は、例えば、可変径絞り 42 を以下のように制御することによって行えばよい。

【0032】

まず、ホログラフィック・ディスク 12 上の記録領域は、図 3 にハッチングで示したようにドーナツ形であり、その内周半径を r_1 とし、外周半径を r_2 とする。このドーナツ形の記録領域を、互いに同一の狭い幅を有する、 N 個の同心的なリング形領域に分割する。これによって得られる、各々のリング形領域の幅は $\Delta r = (r_2 - r_1) / N$ になる。

【0033】

次に、各々のリング形領域に照射される参照光のパワー密度を、計算によって求める。このパワー密度は、円錐形凸面ミラー 36 に入射する平行光ビーム 24 のパワー密度、円錐形凸面ミラー 36 の形状、ホログラフィック・ディスク 12 と円錐形凸面ミラー 36 との相対的な配設位置、それに、各々のリング形領域の半径 r_n から、一意的に求めることができる。

【0034】

また、この制御には、上掲の式 1 を利用する。式 1 に含まれている定数 τ_w の値は、ホログラフィック・ディスク 12 上における参照光のパワー密度の関数となるため、実際の計測によって、パワー密度の値に対応した定数 τ_w の値を求めておく。その計測結果に、計算によって求めた各々のリング形領域に対応したパワー密度の値を適用することで、各々のリング形領域に対応した定数 τ_w の値が得られ、更にその得られた定数 τ_w の値を上掲の式 1 に代入することによって、必要なホログラム強度 η を達成するための露光時間 t が得られる。

【0035】

こうして得られた各々のリング形領域に対応した露光時間を、内周側のリング形領域から純に t_1 、 t_2 、 t_3 、 \dots 、 t_N とする。更に、隣り合ったリング領域の間で露光時間の差分を取り、その差分値を内周側から順番に並べると、 $\Delta t_1 = t_2 - t_1$ 、 $\Delta t_2 = t_3 - t_2$ 、 $\Delta t_3 = t_4 - t_3$ 、 \dots 、 $\Delta t_{n-1} = t_n - t_{n-1}$ 、となる。

【0036】

可変径絞り 42 を制御する絞りコントローラ 44 には、以上のようにして求めた差分値 $\Delta t_1 \sim \Delta t_n$ と、最内周のリング形領域の露光時間である t_1 とをインプットしておく。絞りコントローラ 44 は、記録開始時刻から時間 t_1 が経過するまでは、可変径絞り 42 を、ホログラフィック・ディスク 12 上の参照光の照射領域の内径が r_1 となるようにしたまま保持する。その後時間が Δt_1 ($i = 1, 2, 3, \dots, N-1$) 経過するごとに、可変径絞り 42 の開口径を少しずつ小さくし、それによって、ホログラフィック・ディスク 12 上の参照光の照射領域の内径が Δr ずつ大きくなるように制御する。

【0037】

図 4 の A 及び B から明らかなように、可変径絞り 42 の開口径を小さくするほど、円錐形凸面ミラー 36 の円錐軸 36b に、より近接した部分で反射された参照光のみが、ホログラフィック・ディスク 12 上に照射されるようになる。従って、ホログラム記録の開始と同時に、可変径絞り 42 により平行光ビーム 24 の開口径を漸次減少させることによって、ホログラフィック・ディスク 12 上の中心軸（この中心軸は円錐形凸面ミラー 36 の円錐軸 36b に実質的に一致している）に近い位置ほど、参照光による露光時間が長時間となる。即ち、ホログラフィック・ディスク 12 の内周寄りの部分は、記録開始後早い時点で参照光の照射が停止されるのに対して、外周寄りの部分はより長時間に亘って露光が続けられるのである。以上によって、参照光のパワー密度がホログラフィック・ディスク 12 上の外周側ほど低下するにもかかわらず、このホログラフィック・ディスク 12 の記録領域の全面に亘って、略々同一強度のホログラム記録が可能となる。

【0038】

既述のごとく、円錐形参照光ビームを発生させるための円錐形光学部材は、以上に説明した円錐形凸面ミラー36に限られない。図5のAには、凸面ではなく凹面の円錐形反射面52aを有する円錐形凹面ミラー52を、その円錐軸52bをホログラフィック・ディスク12の中心軸に実質的に一致させて、そして、平行光ビーム24の照射方向から見てホログラフィック・ディスク12の背後に配置した構成を示した。また、図5のB及びCは、凸円錐形屈折面54aを有する屈折型光学部材である円錐形プリズム54を、その円錐軸54bをホログラフィック・ディスク12の中心軸に実質的に一致させて配置し、また、ホログラフィック・ディスク12から比較的遠くに配置することにより、屈折させられた光線が一旦、円錐軸54bを横切ってから、ホログラフィック・ディスク12を照射するようにした構成を示した。

10

【0039】

図5のA～Cの構成によって発生する円錐形参照光ビーム38は、図1の構成によって発生する円錐形参照光ビーム38と同様に、(1)ホログラフィック・ディスク12上における参照光のパワー密度分布が、このホログラフィック・ディスク12の中心部から周辺部へ向かって次第に低下して行くような径方向位置依存性を有するものとなり、且つ、(2)平行光ビーム24を形成している光線のうち、円錐形光学部材(円錐形凹面ミラー52ないし円錐形プリズム54)の円錐軸に近い領域に入射する光線ほど、ホログラフィック・ディスク12の中心軸から遠い領域を照射するものとなっている。従って、図5のA～Cの構成によって発生する円錐形参照光ビーム38は、これら2つの点において、図1の構成によって発生する円錐形参照光ビーム38と同一の特性を有するため、図5のA～Cの構成を用いた場合にも、図1の構成に関して上で説明した、ホログラフィック・ディスク12上における参照光のパワー分布密度の径方向位置依存性の影響を補償するための方法を、そのまま適用することができる。

20

【0040】

円錐形光学部材の形態によっては、発生する円錐形参照光ビームが上記(1)及び(2)の特性のうちの少なくとも一方を備えていないことがある。そのような実施の形態の1つとして、図6に、凸円錐形反射面56aを有し、その頂角 θ が $\pi/2$ ラジアンより大きい円錐形凸面ミラー56を、その円錐軸56bをホログラフィック・ディスク12の中心軸に実質的に一致させて(従って、その円錐軸56bがホログラフィック・ディスク12に対して垂直になるようにして)、また、その頂点56cが平行光ビーム24の照射方向から見てホログラフィック・ディスク12の背後に位置するようにして配置した構成を示した。この構成によって発生する円錐形参照光ビーム58について、以下に、図7を参照して説明する。

30

【0041】

図7において、平行光ビーム24を形成している光線のうち、円錐形凸面ミラー56上の、円錐軸56bから半径 r_1 だけ離れた位置へ入射する光線Ray1は、そこで反射されて、ホログラフィック・ディスク12上の、中心軸(円錐軸56bに一致している)から半径 R_1 だけ離れた位置へ入射する。また、円錐軸56bから半径 r_2 だけ離れた位置へ入射する光線Ray2は、そこで反射されて、ホログラフィック・ディスク12上の、中心軸から半径 R_2 だけ離れた位置へ入射する。また、図示の如く、 $r_2 > r_1$ である。ここで、円錐形凸面ミラー56の頂点56cとホログラフィック・ディスク12との間の距離を L とし、また、頂点56cと、この円錐形凸面ミラー56への光線Ray2の入射点との間の、円錐軸56bの方向に計った距離を H とするならば、次の式2及び式3が成り立つ。

40

【数2】

$$R_1 = (L + r_1 / r_2 \cdot H) \tan(\pi - \theta) + r_1 \quad \dots \quad (式2)$$

【数3】

50

$$R_2 = (L + H) \tan(\pi - \theta) + r_2 \quad \dots (式 3)$$

これらの式から、次の式 4 が得られる。

【数 4】

$$\frac{R_2}{R_1} = \frac{(L + H) \tan(\pi - \theta) + r_2}{(L + r_1/r_2 \cdot H) \tan(\pi - \theta) + r_1} = \frac{r_2}{r_1} \cdot \frac{(r_1 L + r_1 H) \tan(\pi - \theta) + r_1 r_2}{(r_2 L + r_1 H) \tan(\pi - \theta) + r_1 r_2} < \frac{r_2}{r_1} \quad \dots (式 4)$$

10

更に変形すると、次の式 5 が得られる。

【数 5】

$$r_2 / R_2 > r_1 / R_1 \quad \dots (式 5)$$

【0042】

図 7 から明らかなように、平行光ビーム 24 の光線が円錐形凸面ミラー 56 で反射されてホログラフィック・ディスク 12 上へ照射されるときには、その光線束が拡大するためにパワー密度が低下し、その低下率（＝ホログラフィック・ディスク 12 上のパワー密度／平行光ビーム 24 のパワー密度）は、C1 を定数とすると、光線 Ray 1 では、C1・r1/R1 となり、光線 Ray 2 では、C1・r2/R2 となる。そして、式 5 に示したように、r2/R2 > r1/R1 であるため、ホログラフィック・ディスク 12 上の外周寄りを照射する光線ほど、パワー密度が低下する度合いが小さくなる。従って、図 6 の構成では、ホログラフィック・ディスク 12 上における参照光のパワー密度分布が、ホログラフィック・ディスク 12 の中心部から周辺部へ向かって次第に増大して行くような、径方向位置依存性を有するものとなる。これは、ホログラフィック・ディスク 12 上における参照光のパワー密度の勾配が、図 1 の構成とは逆向きの勾配になるということである。

20

【0043】

一方、図 6 の構成では、これも図 7 から明らかなように、平行光ビーム 24 を形成している光線のうち、円錐形凸面ミラー 56 の円錐軸 56b に近い領域に入射する光線ほど、ホログラフィック・ディスク 12 の中心軸に近い領域を照射することになる。従って、光線の照射位置の関係も、図 1 の構成とは逆向きとなっている。

30

【0044】

このように、図 6 の構成では、ホログラフィック・ディスク 12 上における参照光のパワー密度の勾配が図 1 の構成とは逆向きの勾配になるため、ホログラフィック・ディスク 12 上における参照光のパワー分布密度の径方向位置依存性の影響を補償するには、ホログラフィック・ディスク 12 上の記録領域を、中心軸に近い内周寄りほど長時間に亘って露光する必要がある。ただし、ホログラフィック・ディスク 12 上における光線の照射位置の関係も、図 1 の構成とは逆向きであることから、図 1 に示した可変径絞り 42 を用いて、図 1 の構成に関して上で説明したのと同じ方法で、ホログラム記録開始後、可変径絞り 42 の開口径を少しずつ小さくすることによって、ホログラフィック・ディスク 12 上の参照光の照射領域の内径が少しずつ大きくなるように制御すれば、ホログラフィック・ディスク 12 上における参照光のパワー分布密度の径方向位置依存性の影響を補償することができる。この方法によって可変径絞り 42 を制御したときの状態を示したのが図 8 であり、同図の A は、可変径絞り 42 の開口径を大きくしたところを示し、同図の B は、可変径絞り 42 の開口径を小さくしたところを示している。

40

【0045】

更に別の実施の形態として、図 9 の A 及び B に、凸円錐形屈折面 62a と、その円錐軸 62b に対して垂直な平坦な底面とを有する屈折型光学部材である円錐形プリズム 62 を用

50

いた構成を示した。円錐形プリズム 6 2 は、その円錐軸 6 2 b をホログラフィック・ディスク 1 2 の中心軸に実質的に一致させて（従って、その円錐軸 6 2 b がホログラフィック・ディスク 1 2 に対して垂直になるようにして）配設されており、また、ホログラフィック・ディスク 1 2 に比較的近接した位置に配設されている。この円錐形プリズム 6 2 の頂角 θ は、 $\pi - 2 \cdot \sin^{-1} (1/n)$ ラジアンより大きく、ここで n は、円錐形プリズム 6 2 の材料の屈折率である。かかる構成によって発生する円錐形参照光ビーム 6 4 について、以下に、図 1 0 を参照して説明する。

【0046】

図 1 0 において、平行光ビーム 2 4 を形成している光線のうち、円錐形プリズム 6 2 上の、円錐軸 6 2 b から半径 r_1 だけ離れた位置へ入射する光線 Ray 1 は、そこで反射されて、ホログラフィック・ディスク 1 2 上の、中心軸（円錐軸 6 2 b に一致している）から半径 R_1 だけ離れた位置へ入射する。また、円錐軸 6 2 b から半径 r_2 だけ離れた位置へ入射する光線 Ray 2 は、そこで反射されて、中心軸から半径 R_2 だけ離れたホログラフィック・ディスク 1 2 上の位置へ入射する。また、図示の如く、 $r_2 > r_1$ である。ここで、円錐形プリズム 6 2 の頂点 6 2 c とホログラフィック・ディスク 1 2 との間の距離を L とし、また、頂点 6 2 c と、円錐形プリズム 6 2 への光線 Ray 2 の入射点との間の、円錐軸 6 2 b の方向に計った距離を H とするならば、次の式 6 及び式 7 が成り立つ。

【数 6】

$$R_1 = r_1 - (L + r_1/r_2 \cdot H) \tan \theta \quad \dots (式 6)$$

【数 7】

$$R_2 = r_2 - (L + H) \tan \theta \quad \dots (式 7)$$

これらの式から、次の式 8 が得られる。

【数 8】

$$\frac{R_2}{R_1} = \frac{r_2 - (L + H) \tan \theta}{r_1 - (L + r_1/r_2 \cdot H) \tan \theta} = \frac{r_2}{r_1} \cdot \frac{r_1 r_2 - (r_1 L + r_1 H) \tan \theta}{r_1 r_2 - (r_2 L + r_1 H) \tan \theta} > \frac{r_2}{r_1} \quad \dots (式 8)$$

更に変形すると、次の式 9 が得られる。

【数 9】

$$r_2/R_2 < r_1/R_1 \quad \dots (式 9)$$

【0047】

図 1 0 から明らかなように、平行光ビーム 2 4 の光線が円錐形プリズム 6 2 で屈折させられてホログラフィック・ディスク 1 2 上へ照射されるときには、その光線束が収束するためにパワー密度が増大し、その増大率（＝ホログラフィック・ディスク 1 2 上のパワー密度／平行光ビーム 2 4 のパワー密度）は、 C_2 を定数とすると、光線 Ray 1 では、 $C_2 \cdot r_1/R_1$ となり、光線 Ray 2 では、 $C_2 \cdot r_2/R_2$ となる。そして、式 9 に示したように、 $r_2/R_2 < r_1/R_1$ であるため、ホログラフィック・ディスク 1 2 上の外周寄りを照射する光線ほど、パワー密度が増大する度合いが小さくなる。従って、図 9 の構成では、ホログラフィック・ディスク 1 2 上における参照光のパワー密度分布が、ホログラフィック・ディスク 1 2 の中心部から周辺部へ向かって次第に低下して行くような、径方向位置依存性を有するものとなる。これは、ホログラフィック・ディスク 1 2 上に

10

20

30

40

50

おける参照光のパワー密度の勾配が、図 1 の構成と同じ向きの勾配になるということである。

【0048】

一方、図 9 の構成では、これも図 10 から明らかなように、平行光ビーム 24 を形成している光線のうち、円錐形プリズム 62 の円錐軸 62b に近い領域に入射する光線ほど、ホログラフィック・ディスク 12 の中心軸に近い領域を照射することになる。従って、光線の照射位置の関係は、図 1 の構成とは逆向きとなっている。

【0049】

このように、図 9 の構成では、ホログラフィック・ディスク 12 上における参照光のパワー密度の勾配が図 1 の構成と同じ向きの勾配になるため、ホログラフィック・ディスク 12 上における参照光のパワー分布密度の径方向位置依存性の影響を補償するには、ホログラフィック・ディスク 12 上の記録領域を、図 1 の構成と同様に中心軸から遠い外側寄りほど長時間に亘って露光する必要がある。ただし、ホログラフィック・ディスク 12 上における光線の照射位置の関係が、図 1 の構成とは逆向きになるため、図 1 に示した可変径絞り 42 を用いて、ホログラフィック・ディスク 12 上における参照光のパワー分布密度の径方向位置依存性の影響を補償することはできない。

【0050】

そこで、図 9 の構成においては、光ビーム部分遮光手段 40 として、図 2 に示した、液晶を用いた空間変調器 46 と、この空間変調器 46 を制御する空間変調器コントローラ 48 とで構成したものを用いればよい。既述のごとく、空間変調器 46 は、幅の狭い多数の同心的なリング形パターン 46a を有する液晶パネルから成り、各々のリング形パターン 46a は、空間変調器コントローラ 48 で制御することによって、透過状態と遮光状態とを取らせることができる。

【0051】

この空間変調器 46 を、空間変調器コントローラ 48 の制御により、中心に近い幾つかのリング型パターンを常時、遮光状態とすると共に、それより外側のリング形パターンを、内周側のリング形パターンから順に遮光状態とすればよい。このように制御することで、空間変調器 46 と空間変調器コントローラ 48 とで構成された光ビーム部分遮光手段 40 は、この光ビーム部分遮光手段 40 を通過する光ビームの中心部の円形領域を遮光領域とし、且つ、その遮光領域の径を制御可能な手段となる。そして、空間変調器 46 をこのように制御することは、とりもおさず、ホログラム記録の開始と同時に、光ビーム部分遮光手段 40 により平行光ビーム 24 の中心部の遮光領域の径を漸次増大させることにより、ホログラフィック・ディスク 12 上において円錐形プリズム 62 の円錐軸 62b から遠い位置ほど、ホログラフィック・ディスク 12 に照射される参照光による露光時間が長時間となるようにすることに他ならない。

【0052】

従って、ホログラフィック・ディスク 12 の内周寄りの部分は、記録開始後早い時点で参照光の照射が停止されるのに対して、外周寄りの部分はより長時間に亘って露光が続けられる。この方法によって空間変調器 46 を制御したときの状態を示したのが図 11 であり、同図の A は、空間変調器 46 の中央のビーム不透過部 46b の径を小さくしたところ、同図の B は、このビーム不透過部 46b の径を大きくしたところを示している。従って、この方法によれば、参照光のパワー密度がホログラフィック・ディスク 12 の外周部ほど低下しているにもかかわらず、ホログラフィック・ディスク 12 の記録領域の全面に亘って、略々同一強度のホログラムを記録することが可能となる。

【0053】

以上に、ホログラフィック・ディスク上における参照光のパワー密度分布が径方向位置依存性を有する場合に、その径方向位置依存性による影響を、光ビーム部分遮光手段によって補償するようにした方法の幾つかの具体的について説明したが、かかる補償方法を記録光ビームに適用することも考えられる。

【0054】

10

20

30

40

50

例えば、記録光ビームを、上で説明した参照光ビームと同様に、円錐形反射面を有する反射型光学部材または円錐形屈折面を有する屈折型光学部材から成る円錐形光学部材を用いて円錐形記録ビームとすれば、ホログラフィック記録媒体上における記録光のパワー密度が径方向位置依存性を有するようになる。その場合に、上で説明した光ビーム部分遮光手段40と同様の構成の第2の光ビーム部分遮光手段を、図1のビームエキスパンダ30と空間変調器32との間に配設し、それを以上に説明したように制御することで、ホログラフィック記録媒体上における記録光のパワー密度が径方向位置依存性を有することの影響を補償することができる。

【0055】

また、記録光ビームを円錐形ビームとせずに平行光ビームのままとし、従ってホログラフィック記録媒体上における記録光のパワー密度が、径方向位置依存性を持っていない場合でも、上で説明した光ビーム部分遮光手段40と同様の構成の第2の光ビーム部分遮光手段を、図1のビームエキスパンダ30と空間変調器32との間に配設し、それを参照光ビーム用の光ビーム部分遮光手段40の制御と連動させて制御することで、ホログラフィック・ディスク12上の参照光の照射を停止する領域においては記録光の照射も併せて停止するようにすれば、参照光が照射されずに記録光だけが照射されるという事態を回避することができるため、それによって、ホログラム記録の品質を更に向上させることができる。尚、その際に、例えば、平行光ビームから成る記録光の照射を径方向内側から停止させて行くのであれば、図11を参照してその動作を説明した光ビーム部分遮光手段などを用いればよく、また、径方向外側から停止させて行くのであれば、図4を参照してその動作を説明した光ビーム部分遮光手段などを用いればよい。

【0056】

以上に説明した本発明の幾つかの実施の形態にかかる方法は、いずれも、ホログラフィック・ディスク12上における参照光のパワー密度分布が径方向位置依存性を有する場合に、その径方向位置依存性による影響を補償するようにした方法であったが、本発明は、このような方法以外に更に、ホログラフィック・ディスク12上における参照光のパワー密度分布が径方向位置依存性を持たないようにする方法をも包含するものである。この方法にかかる実施の形態について、以下に説明する。

【0057】

図12は、図6に示した円錐形凸面ミラー56を使用した構成であるが、その配設位置が図6の構成とは異なっている。既述のごとく、円錐形凸面ミラー56は、凸円錐形反射面56aを有し、その頂角 θ が $\pi/2$ ラジアンより大きい円錐形光学部材である。この円錐形凸面ミラー56を、その円錐軸56bをホログラフィック・ディスク12の中心軸に実質的に一致させて（従って、その円錐軸56bがホログラフィック・ディスク12に対して垂直になるようにして）配置していることは、図6の構成と同じである。ただし、その頂点56cが図6の構成のように平行光ビーム24の照射方向から見てホログラフィック・ディスク12の背後に位置するのではなく、頂点56cとホログラフィック・ディスク12との距離が0となるように、この円錐形凸面ミラー56を配置している。

【0058】

図12の構成によれば、図6の構成に関して上に示した式4において、 $L=0$ とした関係が成り立ち、従って、 $r_2/R_2=r_1/R_1$ となる。これは、円錐形凸面ミラー56のどの位置へ入射して反射された平行光ビーム24の光線も、ホログラフィック・ディスク12上へ照射される際に、パワー密度が同じ低下率で低下することを意味しており、従って、ホログラフィック・ディスク12上における参照光のパワー密度が、その径方向位置によらず一定となる。従って、図12の構成によれば、これまでに説明した構成のように、光ビーム部分遮光手段を用いるまでもなく、ホログラフィック・ディスク12の記録領域の全面に亘って一定強度のホログラムを記録することができる。

【0059】

図13は、図9に示した円錐形プリズム62を使用した構成であるが、その配置位置が図9の構成とは異なっている。既述のごとく、円錐形プリズム62は、屈折率が n の材料で

形成され、その頂角が $\pi - 2 \cdot \sin^{-1} (1/n)$ ラジアンより大きい凸円錐形屈折面 62a と、この凸円錐型屈折面 62a の円錐軸 62b に対して垂直な平坦な底面とを有する円錐形光学部材である。この円錐形プリズム 62 を、その円錐軸 62b をホログラフィック・ディスク 12 の中心軸に実質的に一致させて（従って、その円錐軸 62b がホログラフィック・ディスク 12 に対して垂直になるようにして）配置していることは、図 9 の構成と同じである。ただし、その頂点 62c が図 9 の構成のようにホログラフィック・ディスク 12 から離隔しておらず、頂点 62c とホログラフィック・ディスク 12 との距離が 0 となるように、この円錐形プリズム 62 を配置している。

【0060】

図 13 の構成によれば、図 9 の構成に関して上に示した式 8 において、 $L = 0$ とした関係が成り立ち、従って、 $r_2/R_2 = r_1/R_1$ となる。これは、円錐形プリズム 62 のどの位置へ入射して屈折した平行光ビーム 24 の光線も、ホログラフィック・ディスク 12 上へ照射される際に、パワー密度が同じ増大率で増大することを意味しており、従って、ホログラフィック・ディスク 12 上における参照光のパワー密度が、その径方向位置によらず一定となる。従って、図 13 の構成によれば、図 11 の構成と同様に、光ビーム部分遮光手段 40 を用いるまでもなく、ホログラフィック・ディスク 12 の記録領域の全面に亘って一定強度のホログラムを記録することができる。

【0061】

【発明の効果】

以上の説明から明らかなように、本発明にかかるホログラム記録方法によれば、円錐形反射面を有する反射型光学部材または円錐形屈折面を有する屈折型光学部材から成る円錐形光学部材を用いて円錐形参照光ビームを発生させ、この円錐形参照光ビームと記録光ビームとを照射することで、平板状のホログラフィック記録媒体にホログラム記録を行う際に、ホログラフィック記録媒体上における参照光のパワー密度が径方向位置依存性を有することの影響を補償することができ、ないしは、ホログラフィック記録媒体上における参照光のパワー密度が径方向位置依存性を持たないようにすることができるため、ホログラフィック記録媒体の記録領域の全面に亘って均一な強度でホログラム記録を行うことができる。そのため、ホログラムの再生強度を均一化することができ、低ノイズ化が可能となり、更には、高密度のホログラム記録が可能となる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】本発明にかかるホログラム記録方法を適用することのできる、円錐形光学部材を使用して円錐形参照光ビームを発生させるようにしたホログラフィック・ディスク・レコーディング・システムの具体例の模式図である。

【図 2】図 1 のシステムに使用している光ビーム部分遮光手段とは別の光ビーム部分遮光手段の具体例を示した図である。

【図 3】図 1 のシステムに使用しているホログラフィック・ディスクと円錐形凸面ミラーとを示した図である。

【図 4】A 及び B は図 1 のシステムにおける可変径絞りの制御状態を示した図である。

【図 5】A、B、及び C は円錐形光学部材を使用して円錐形参照光ビームを発生させるその他の構成を示した図である。

【図 6】円錐形光学部材を使用して円錐形参照光ビームを発生させる更に別の構成を示した図である。

【図 7】図 6 の構成によって発生する円錐形参照光ビームを説明するための図である。

【図 8】A 及び B は円錐形光学部材を使用して円錐形参照光ビームを発生させる更に別の構成を示した図である。

【図 9】A 及び B は円錐形光学部材を使用して円錐形参照光ビームを発生させる更に別の構成を示した図である。

【図 10】図 9 の構成によって発生する円錐形参照光ビームを説明するための図である。

【図 11】図 2 の光ビーム部分遮光手段を使用して図 10 の円錐形参照光ビームを制御する際の制御状態を示した図である。

10

20

30

40

50

【図12】円錐形光学部材を使用して円錐形参照光ビームを発生させる更に別の構成を示した図である。

【図13】円錐形光学部材を使用して円錐形参照光ビームを発生させる更に別の構成を示した図である。

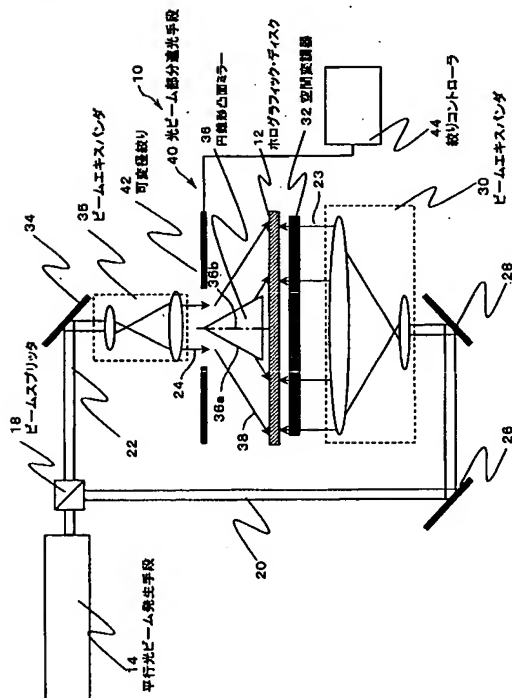
【図14】円錐形凸面ミラーによって発生する円錐形参照光ビームの説明図である。

【符号の説明】

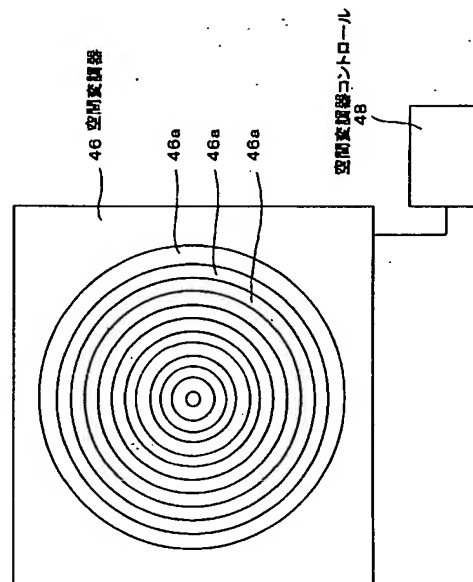
10 ……ホログラフィック・ディスク・レコーディング・システム、12 ……ホログラフィック・ディスク、24 ……平行光ビーム、36 ……円錐形凸面ミラー、36a ……凸円錐形反射面、36b ……円錐軸、38 ……円錐形参照光ビーム、40 ……光ビーム部分遮光手段、42 ……可変径絞り、44 ……絞りコントローラ、46 ……空間変調器、48 ……空間変調器コントローラ、52 ……円錐形凹面ミラー、54 ……円錐形プリズム、56 ……円錐形凸面ミラー、58 ……円錐形参照光ビーム、62 ……円錐形プリズム。

10

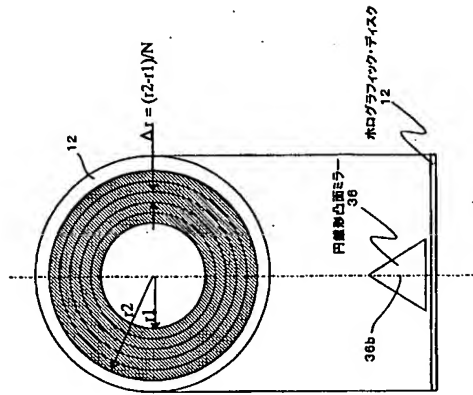
【図1】



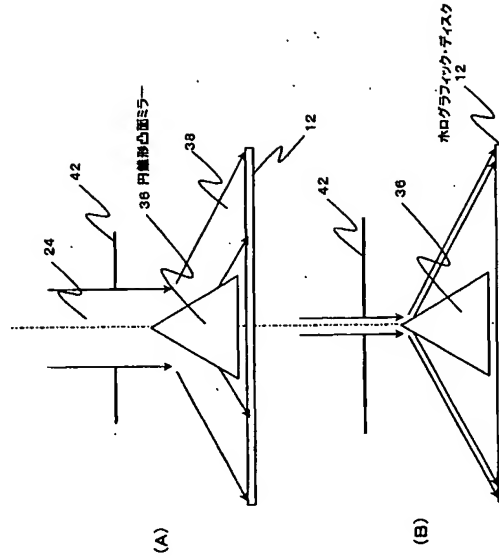
【図2】



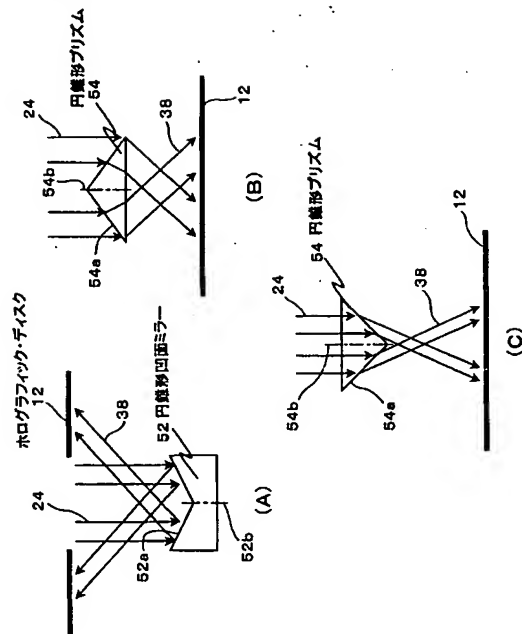
【図 3】



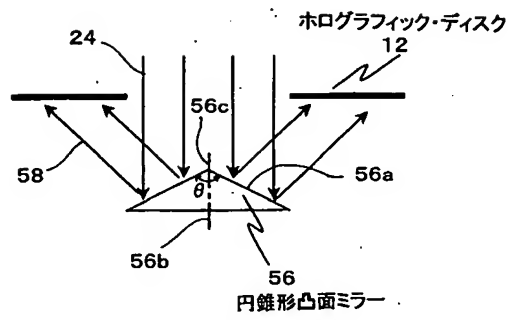
【図 4】



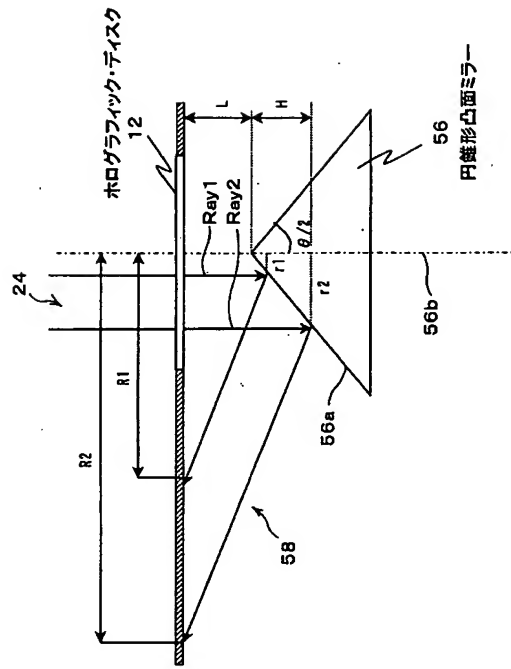
【図 5】



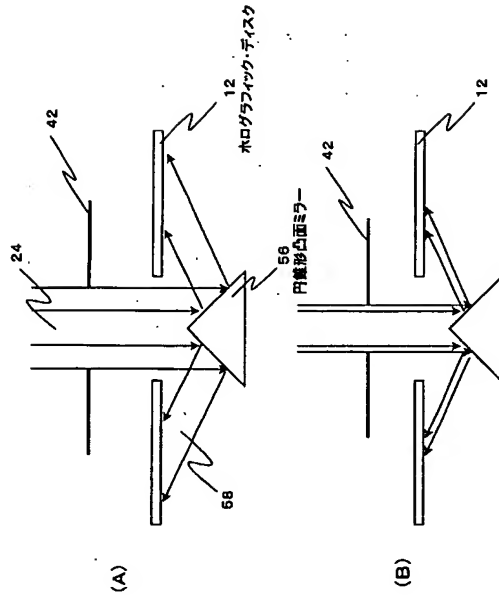
【図 6】



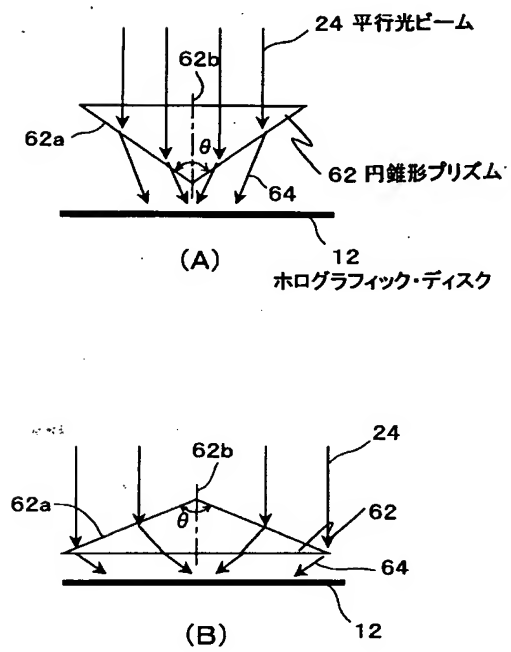
【图 7】



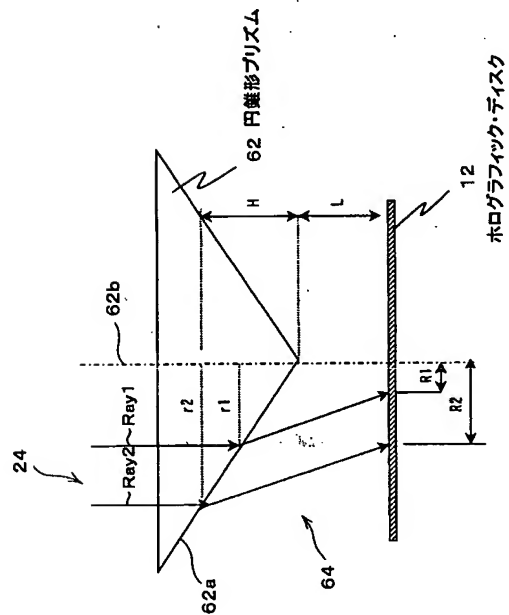
【图 8】



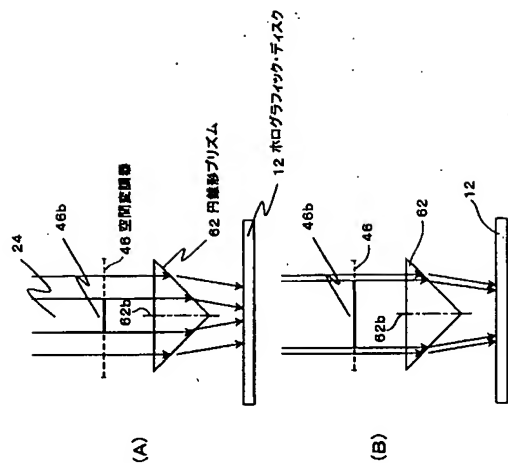
【 例 9 】



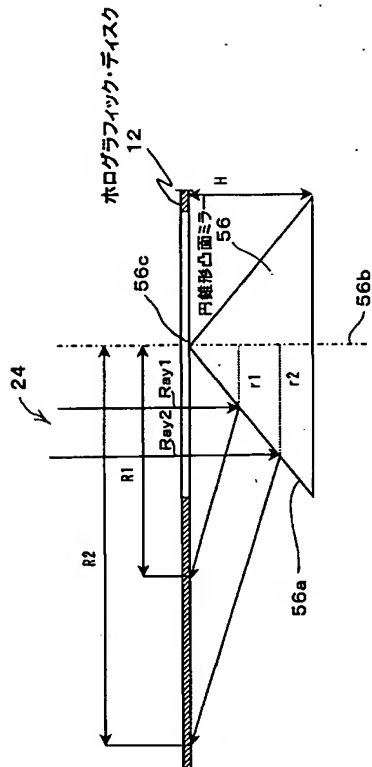
【 ㊦ 1 0 】



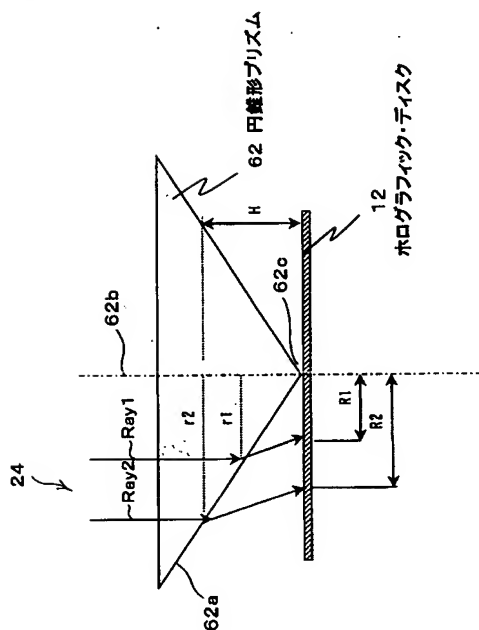
【 例 1 1 】



【图 12】



【 1 3 】



【 1 4 】

